

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

15.7.2004

REC'D 02 SEP 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日 2003年 7月18日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-199225  
Application Number:  
[ST. 10/C] : [JP2003-199225]

出願人 独立行政法人 科学技術振興機構  
Applicant(s): 独立行政法人産業技術総合研究所

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川

洋

【書類名】 特許願

【整理番号】 Z1001

【提出日】 平成15年 7月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 31/00

【発明の名称】 光検出素子

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

【氏名】 永宗 靖

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

【氏名】 松本 和彦

【特許出願人】

【識別番号】 396020800

【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

【特許出願人】

【識別番号】 301021533

【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

【代理人】

【識別番号】 100078134

【弁理士】

【氏名又は名称】 武 顯次郎

【電話番号】 03-3591-8550

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1  
【その他】 国以外のすべての者の持分の割合 50 / 100  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光検出素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光または電磁波の照射により内部にキャリアを発生する光伝導性物質と、カーボンナノチューブとを有し、光または電磁波の照射により前記光伝導性物質内に発生したキャリアを前記カーボンナノチューブの電気伝導の変化により検出することを特徴とする光検出素子。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光検出素子において、前記光伝導性物質として、異なった波長範囲に光伝導性を有する複数種類の光伝導性物質による多重構造を有することを特徴とする光検出素子。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 記載の光検出素子において、前記光伝導性物質とカーボンナノチューブの間に絶縁層が形成されていることを特徴とする光検出素子。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 記載の光検出素子において、前記カーボンナノチューブとしてカーボンナノチューブ単電子トランジスタを用いることを特徴とする光検出素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝導性物質とカーボンナノチューブを組み合わせた光検出素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に、光検出素子とは、光または電磁波のエネルギーを電気的なエネルギーに変換するもので、従来の光検出素子には、半導体を主材料とするフォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、フォトトランジスタ、フォトMOS、C CDセンサ、CMOSセンサ、光電効果を利用した光電子増倍管などがある。

【0003】

前者の半導体光検出素子は、光照射によって発生したキャリアすなわち電子ま

たは正孔を直接外部電流として取り出すものと、光照射によって発生した少数キャリアを所定箇所に蓄積し、それが作る局所電場により多数キャリアの流れを変調することで、外部出力として取り出すものがある。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これらは、伝導層や蓄積層としてn型半導体やp型半導体あるいは金属や絶縁体を複雑に組み合わせた構造を用いねばならない。そのため作製が困難で、ドーピング条件等の最適条件が狭い範囲に制限されているため、歩留りも悪く、コスト高になるという問題があった。さらに従来の半導体光検出素子は、材料の選択が限られているエピタキシャル成長で作製するため、狭い波長範囲でしか感度を有しないという欠点もあった。

#### 【0005】

また後者の光電子増倍管は、真空容器を必要とするためアレイ化や小型化が困難である。

#### 【0006】

本発明の目的は、このような従来技術の欠点を解消し、構造が単純で、容易な方法で製作が可能で、広い波長範囲で高感度を有する光検出素子を提供することにある。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため本発明の第1の手段は、光または電磁波の照射により内部にキャリアを発生する例えばシリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素、インジウムガリウム砒素、インジウム燐などの光伝導性物質と、その光伝導性物質と対応して設けられたカーボンナノチューブとを有し、光または電磁波の照射により前記光伝導性導物質内に発生したキャリアを前記カーボンナノチューブの電気伝導の変化により検出することを特徴とするものである。

#### 【0008】

本発明の第2の手段は前記第1の手段において、前記光伝導性物質として、例えばシリコン、ゲルマニウム、ガリウム砒素、インジウムガリウム砒素、インジ

ウム焼などのグループから選択された異なった波長範囲に光伝導性を有する複数種類の光伝導性物質による多重構造を有することを特徴とするものである。

#### 【0009】

本発明の第3の手段は前記第1の手段または第2の手段において、前記光伝導性物質とカーボンナノチューブの間に例えば酸化シリコンなどからなる絶縁層が形成されていることを特徴とするものである。

#### 【0010】

本発明の第4の手段は前記第1の手段または第2の手段において、前記カーボンナノチューブとしてカーボンナノチューブ単電子トランジスタを用いることを特徴とするものである。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

次に本発明の実施形態を図とともに説明する。図1は、本発明の実施形態に係る光検出素子の光検出原理を説明するための図である。

#### 【0012】

同図(a)に示すように、光伝導性物質1の近辺にカーボンナノチューブ2を設置する。この光伝導性物質1に対して光あるいは電磁波3を照射することにより、同図(b)に示すように光伝導性物質1内でキャリア4が発生する。そしてこのキャリア4が発する電束線5【同図(c)参照】がカーボンナノチューブ2の電気伝導に影響を与え、光伝導性物質1に照射された光あるいは電磁波3の存在あるいはその強度を、カーボンナノチューブ2の電気伝導の変化として検出することができる。

#### 【0013】

従って、光あるいは電磁波3を照射した時に発生したキャリア4の数が少なくとも、キャリア4が発する電束線5をカーボンナノチューブ2により検出するため、高感度の検出が可能となる。

#### 【0014】

また、長距離に拡がる電束線5を検出するため、局所的なキャリアを蓄積する部分を必要とせず、そのための構造やキャリアを蓄積するための余分な電力の消

耗がないという特長も有している。

#### 【0015】

図2と図3は本発明の第1実施形態を説明するための図で、図2は光検出素子の斜視図、図3はその光検出素子の断面図である。

#### 【0016】

これらの図に示すように、光伝導性物質1の上に絶縁層6を介してカーボンナノチューブ2を形成し、カーボンナノチューブ2の両端に適当な電圧を印加するための電極7, 7を設ける。

#### 【0017】

ここで図3に示すように、光伝導性物質1に光あるいは電磁波3を照射することによって発生したキャリア4は、光伝導性物質1内に存在していればよく、カーボンナノチューブ2に流れ込む必要は必ずしもない。

#### 【0018】

図4は本発明の第2実施形態を説明するための光検出素子の断面図である。本実施形態の場合、異なった波長範囲に光伝導性を有する複数種類の光伝導性物質1の多層構造8を採用している。このようにすれば、それぞれの光伝導性物質1がもつ光感度波長範囲の全てにわたって感度を有する光検出素子を作製することができる。

#### 【0019】

本発明に係る光検出素子は、非常に簡単な構成でありながら、光あるいは電磁波の照射によって発生したキャリアから発する電束線が、絶縁層を介して設置されたカーボンナノチューブの電気伝導に影響するような構成になっているから、高感度に光あるいは電磁波の照射を検出することができる。

#### 【0020】

また、カーボンナノチューブとして、カーボンナノチューブ内を流れるキャリアの数を1個単位に制限するカーボンナノチューブ単電子トランジスタを用いることにより、暗電流を下げてより高感度となり、単一フォントの測定までおも可能となる。

#### 【0021】

図5は、図2と図3に示した第1実施形態に係る光検出素子の室温における感度特性例を示す図である。ここでは、光伝導性物質1としてシリコンを、絶縁層6として酸化シリコンをそれぞれ用い、絶縁層6の上にカーボンナノチューブ2を形成し、カーボンナノチューブ2の両端に作製した2つの電極7、7間に適当な電圧（本実施形態では2V）を印加した。そしてそのときにカーボンナノチューブ2に流れる電流変化から求められる光感度を、光伝導性物質1に照射した光の波長に対して示している。

#### 【0022】

この図に示す光感度波長はシリコンのものであるが、従来のシリコンフォトダイオードの約20倍という非常に高い光感度を有している。またこの素子の温度を200Kに下げるにより、最大80A/Wまで光感度を上げることができた。

#### 【0023】

図2と図3において、その他の構造は同一としてカーボンナノチューブ2のみを作製しない構造では、電気伝導が見られないだけでなく、光検出素子としての動作を示さなかった。

#### 【0024】

本発明の光検出素子において、カーボンナノチューブの近辺にゲート電極を形成し、それにゲート電圧を印加することで、光伝導性物質やカーボンナノチューブ内の電子数を制御し、光検出素子の感度調整をすることができる。

#### 【0025】

本発明の光検出素子は容易に複数個直列あるいは並列に接続することができるの、出力をさらに大きくしたり、1次元、2次元あるいは3次元のイメージセンサとして使用することもできる。

#### 【0026】

さらに出力電流が大きくとれるため図6に示すように、本発明の光検出素子9に電導線10を介して発光ダイオードなどの発光素子11と電源12を接続するだけで、増幅器を介さずに、発光素子11を直接駆動することもできる。

#### 【0027】

この際、光出力14を光入力13よりも大きくすることができるので、暗視カメラとして用いたり、光増幅器や光メモリとしてアナログやデジタルの光回路への応用も可能である。

### 【0028】

本発明の光検出素子において、光伝導性物質を任意に選択することにより、任意の波長の光または電磁波に応答する光検出素子を構成することができる。また、カーボンナノチューブの大きさ、数または長さを任意に制御することにより、任意の増倍率を有する光検出素子を構成することができる。

### 【0029】

前記実施形態ではカーボンナノチューブを面内に形成したが、カーボンナノチューブを埋め込む形で垂直型構造にすることも可能で、その場合、他の素子との積層化が容易にできる。

### 【0030】

またカーボンナノチューブは、素子の中央部に設ける必要はなく、端に寄つても構わない。カーボンナノチューブの形状も直線状である必要はなく、例えば波状あるいは螺旋状などのように曲がっていても構わない。曲げることにより、カーボンナノチューブの長さを長くすることができる。

### 【0031】

またカーボンナノチューブを多数並列に設けることにより、感度が上がるだけでなく、全体の抵抗値が下がるため流し得る電流を大きくすることができる。

### 【0032】

図5ではシリコン上に酸化シリコンを介してカーボンナノチューブを形成した場合についての測定例を示したが、シリコンやゲルマニウムなどの単元素の他に、ガリウム砒素やインジウムガリウム砒素あるいはインジウム燐などの化合物を用いたもの、あるいはそれらを量子井戸構造またはヘテロ接合構造で形成した単構造や多層構造を基本とするもの、あるいは他の物質と組み合わせたものなど、光または電磁波の照射により内部にキャリアを発生する光伝導性物質であれば、それが絶縁体、誘電体、磁性体、あるいはn型またはp型の半導体であっても、同様の素子を作製することができる。

**【0033】**

特に図4に示す第2実施形態のように、感度波長領域の異なる複数種類の光伝導性物質を多層にした多層構造を採用すれば、一個の素子で広い波長範囲の検出が可能である。

**【0034】**

なお多層構造にする場合、エピタキシャル成長の必要がないため、材料の選択範囲が拡がる。従って、光伝導性物質の多層構造化が容易であるばかりでなく、光伝導性物質を多結晶化したりアモルファス化したりすることで、キャリアの緩和速度を速くすれば、高速動作が可能となる。

**【0035】**

多層構造は、水平に設置する必要はなく、垂直配置でも構わない。また必ずしも層構造である必要はなく、多重構造であれば立体構造にしても構わない。

**【0036】**

前記実施形態において、絶縁層6は必ずしも必要でないが、絶縁層6を設けることにより、暗電流を少なくする効果がある。

**【0037】**

前記実施形態において、外部と接続するための電極7はカーボンナノチューブ2と接していればよく、必ずしも光伝導性物質1と電気的に接続する必要はない。

。

**【0038】****【発明の効果】**

本発明は前述のような構成になっており、構造が単純で、容易な方法で製作が可能で、広い波長範囲で高感度を有する光検出素子を提供することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

本発明の実施形態に係る光検出素子の光検出原理を説明するための図である。

**【図2】**

本発明の第1実施形態に係る光検出素子の斜視図である。

**【図3】**

その光検出素子の断面図である。

【図4】

本発明の第2実施形態に係る光検出素子の断面図である。

【図5】

本発明の実施形態に係る光検出素子の波長感度特性例を示す特性図である。

【図6】

本発明の実施形態に係る光検出素子を用いた光回路の概略構成図である。

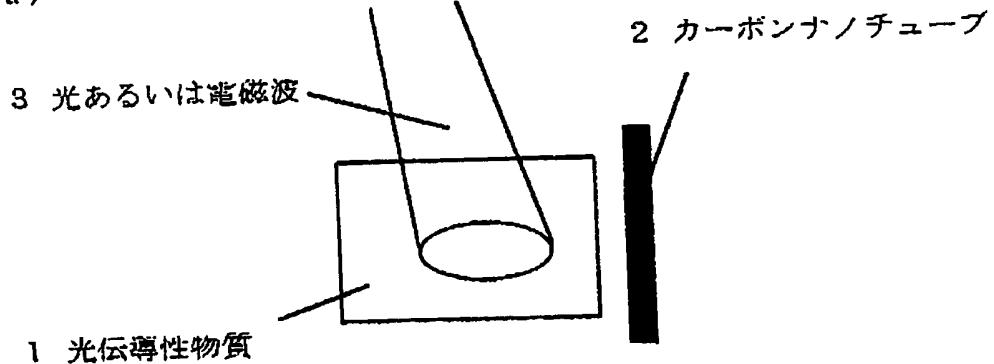
【符号の説明】

- 1 光伝導性物質
- 2 カーボンナノチューブ
- 3 光あるいは電磁波
- 4 キャリア
- 5 電束線
- 6 絶縁層
- 7 電極
- 8 多層構造
- 9 光検出素子
- 10 電導線
- 11 発光素子
- 12 電源
- 13 光入力
- 14 光出力

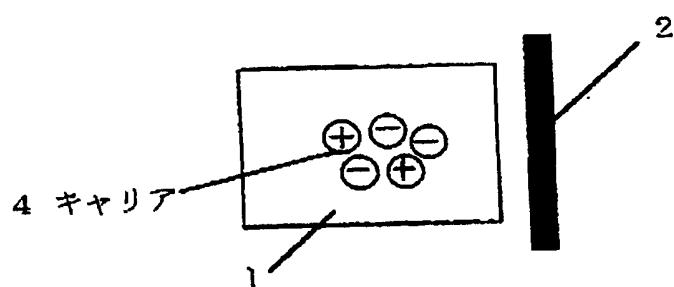
【書類名】 図面

【図1】

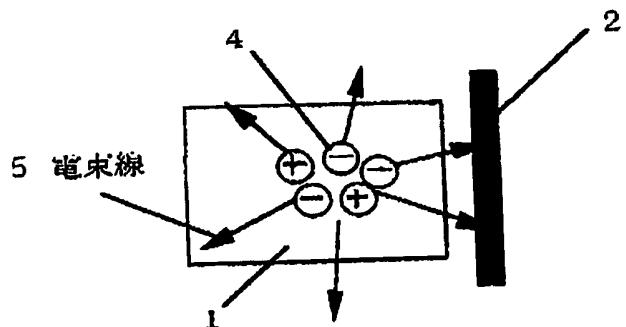
(a)



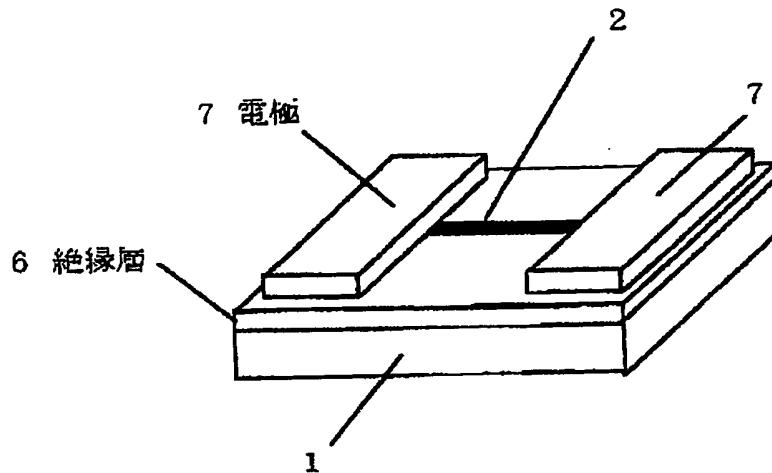
(b)



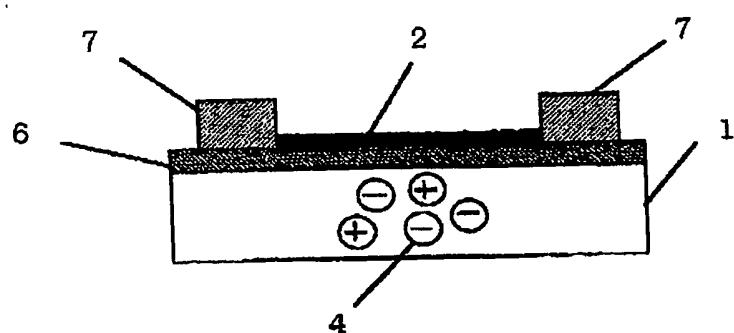
(c)



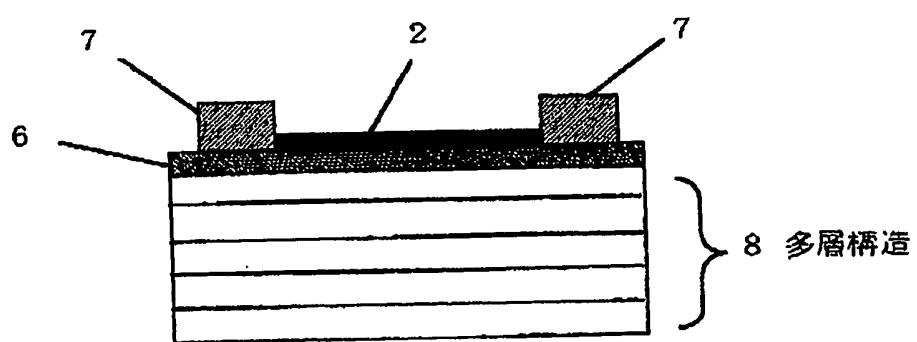
【図2】



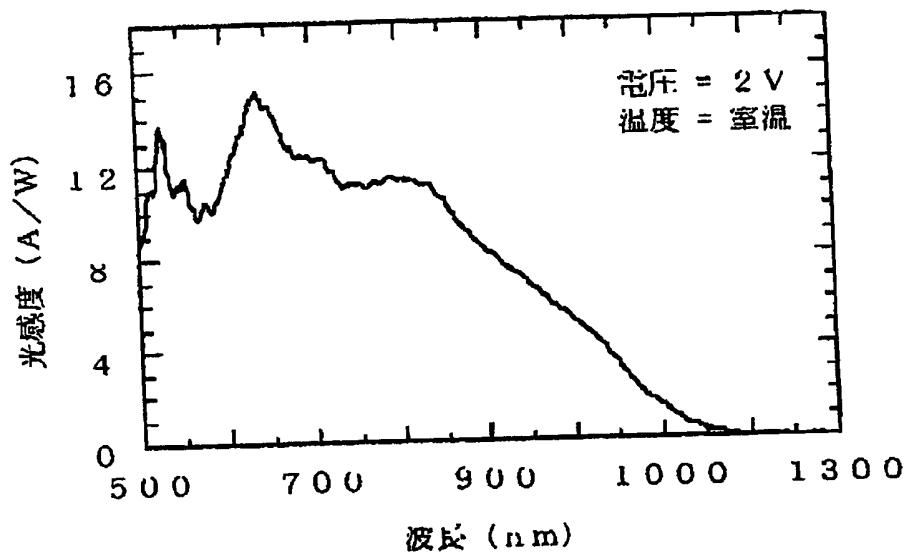
【図3】



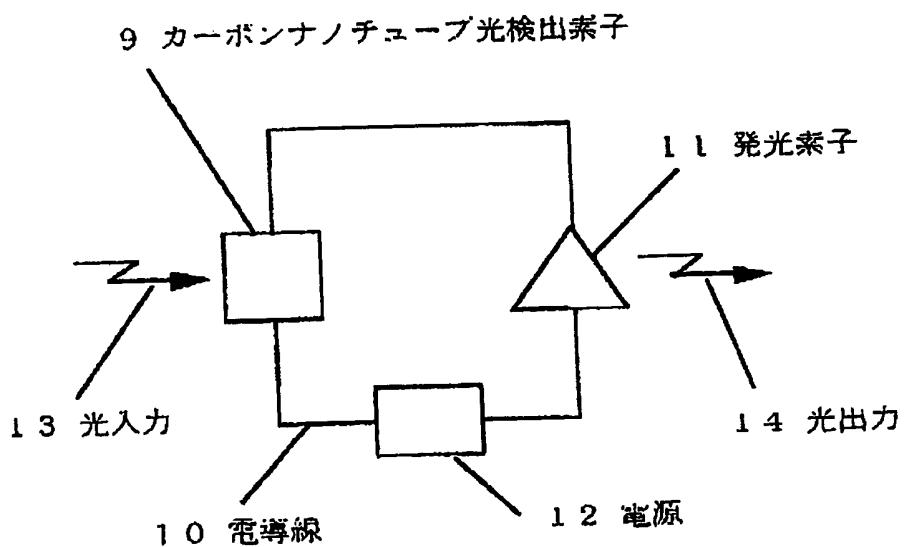
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 構造が単純で、容易な方法で製作が可能な光検出素子を提供する。

【解決手段】 光または電磁波3の照射により内部にキャリア4を発生する光伝導性物質1と、カーボンナノチューブ2とを有し、光または電磁波3の照射により前記光伝導性導物質1内に発生したキャリア4を前記カーボンナノチューブ2の電気伝導の変化により検出することを特徴とする。

【選択図】 図2

## 職権訂正履歴（職権訂正）

特許出願の番号	特願2003-199225
受付番号	50301198307
書類名	特許願
担当官	田丸 三喜男 9079
作成日	平成15年 9月 2日

## &lt;訂正内容1&gt;

訂正ドキュメント

書誌

訂正原因

職権による訂正

訂正メモ

【その他】の欄を誤記していたので、職権により訂正しました。

訂正前内容

【その他】

国以外のすべての者の時分の割合 50／100

訂正後内容

【その他】

国以外のすべての者の持分の割合 50／100

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）  
【提出日】 平成15年10月31日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2003-199225  
【承継人】  
【識別番号】 503360115  
【住所又は居所】 埼玉県川口市本町四丁目1番8号  
【氏名又は名称】 独立行政法人科学技術振興機構  
【代表者】 沖村 憲樹  
【連絡先】 〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 独立行政法人科学技術振興機構 知的財産戦略室 佐々木吉正 TEL 03-5214-8486 FAX 03-5214-8417

【提出物件の目録】  
【物件名】 権利の承継を証明する書面 1  
【援用の表示】 平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。  
【物件名】 登記簿謄本 1  
【援用の表示】 平成15年10月31日付提出の特第許3469156号にかかる一般承継による移転登録申請書に添付のものを援用する。

特願 2003-199225

出願人履歴情報

識別番号 [396020800]

1. 変更年月日 1998年 2月24日

[変更理由] 名称変更

住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
氏名 科学技術振興事業団

特願 2003-199225

出願人履歴情報

識別番号 [301021533]

1. 変更年月日 2001年 4月 2日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都千代田区霞が関 1-3-1  
氏名 独立行政法人産業技術総合研究所

特願 2003-199225

出願人履歴情報

識別番号 [503360115]

1. 変更年月日 2003年10月 1日

[変更理由] 新規登録

住所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号  
氏名 独立行政法人 科学技術振興機構